



Úloha č. 9

Měření hustoty, tvrdosti a smáčivosti povrchu elektroizolačních materiálů

1 Zadání úlohy

S využitím hydrostatické metody určete hustotu třech vybraných polymerních materiálů. Pro každý materiál je dostatečné provést jedno měření. Hustoty vypočítejte dle vztahu (1) a získané hodnoty porovnejte s hodnotami hustoty pro běžné elektroizolační polymerní materiály udávanými v literatuře. Na základě porovnání hodnot odhadněte, o jaké polymery se s velkou pravděpodobností jedná.

Pro tři známé polymerní materiály (polystyren, polyethylen a polypropylen) realizujte měření tvrdosti metodou Shore (využití stupnice Shore A a Shore D). Pro každý materiál změřte tvrdost pětikrát (na pěti různých místech připravených vzorků) pomocí tvrdoměru se stupnicí Shore A, a také se stupnicí Shore D. Ze získaných hodnot tvrdosti při využití konkrétní stupnice stanovte průměrnou hodnotu tvrdosti a průměrné hodnoty mezi sebou porovnejte. Zhodnoťte zjištěné rozdíly v tvrdostech a stanovte, zda je pro dané materiály vhodnější využít tvrdoměr se stupnicí Shore A nebo Shore D.

Pomocí dvou roztoků s definovaným povrchovým napětím zhodnoťte míru smáčivosti povrchu silikonové podložky. Následně zhodnoťte rozdíl ve smáčivosti silikonové a keramické podložky při aplikaci kapek destilované vody. Kapky roztoků na silikonové podložce a rovněž kapky vody na silikonové a keramické podložce vyfotografujte pomocí digitálního mikroskopu. Na všech získaných snímcích zjistěte kontaktní úhel mezi podložkou a povrchem kapky kapaliny. Porovnejte a zhodnoťte stanovené kontaktní úhly v souvislosti s povrchovými napětími použitých roztoků a destilované vody.

2 Teoretický rozbor problematiky

Vypracujte teoretický rozbor tematiky týkající se určování hustoty, tvrdosti a smáčivosti povrchů pevných materiálů v rozsahu **2 normostrany** (1 normostrana = 1800 znaků včetně mezer). V rámci problematiky určování hustoty se zaměřte na zjišťování hustoty vzorků s obtížně měřitelnými rozměry (nepravidelný tvar vzorku). V případě určování tvrdosti uveďte základní informace o konstrukčním provedení běžných tvrdoměrů a o rozdílných stupnicích. V souvislosti s určováním smáčivosti definujte povrchové napětí, kontaktní úhel, hydrofobní a hydrofilní povrch. V textu **aktivně používejte** citace na použitou odbornou literaturu. Použitou literaturu formátujte v souladu s normou ČSN ISO 690 Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.



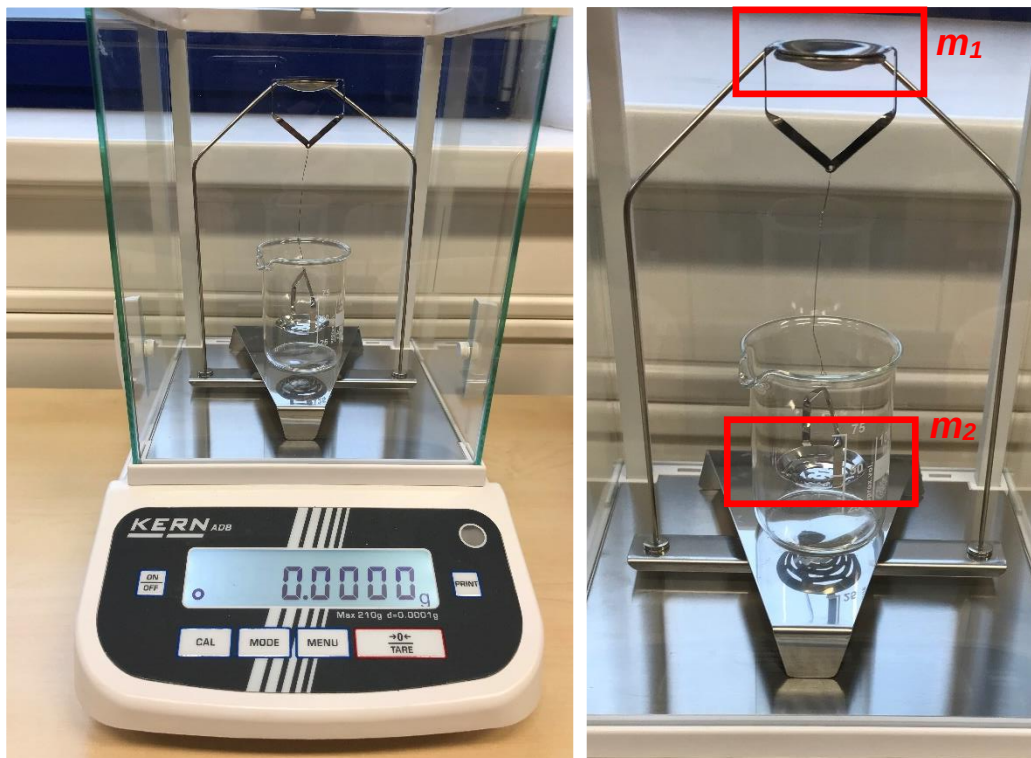
3 Používané laboratorní vybavení a jeho stručný popis

- Tvrdoměr pro měření tvrdosti na stupnici Shore A a Shore D
- Digitální analytická váha
- Přípravek pro měření hustoty hydrostatickou metodou
- Digitální mikroskop s připojením k PC
- Přípravek pro snímání kapek různých kapalin na různých površích a speciální roztoky s definovaným povrchovým napětím

4 Postup měření

Určování hustoty

1. Připravte analytickou váhu pro měření hustoty. Do uzavíratelného prostoru analytické váhy je potřeba umístit na vážící ústrojí nástavec pro vážení vzorku na vzduchu a v kapalině. Nad spodní díl tohoto nástavce (bez vzájemného dotyku) je umístěn stojan, na který je postavena kádinka na kapalinu. Na nástavec je zavěšena dvojice misek, kdy spodní miska se celá nachází v prostoru kádinky (sestava na Obr. 1). Do kádinky je nalita destilovaná voda.
2. Váhu je potřeba vynulovat stisknutím tlačítka TARE.
3. Na horní misku umístěte vzorek prvního materiálu a z displeje váhy odečtete hmotnost na vzduchu (m_1).
4. Vzorek pinzetou přesuňte z horní misky na spodní misku ponořenou ve známé kapalině (v destilované vodě) ideálně bez dotyku s nástavcem pro vážení. Je třeba zkontrolovat, zda se vzorek nedotýká stěny kádinky a poté odečtete hmotnost ve vodě (m_2).
5. Následně je možné realizovat stejným způsobem zvážení vzorků zbývajících dvou materiálů na vzduchu a ve vodě. Hustotu testovaných vzorků poté vypočítejte na základě vztahu (1).



Obr. 1: Analytická váha připravená pro měření hustoty hydrostatickou metodou (vlevo) a detail přípravku pro měření hustoty umístěný v prostoru váhy před nalitím vody (vpravo, červeně vyznačena místa pro umístění vzorku při vážení na vzduchu a ve vodě).

Určování tvrdosti

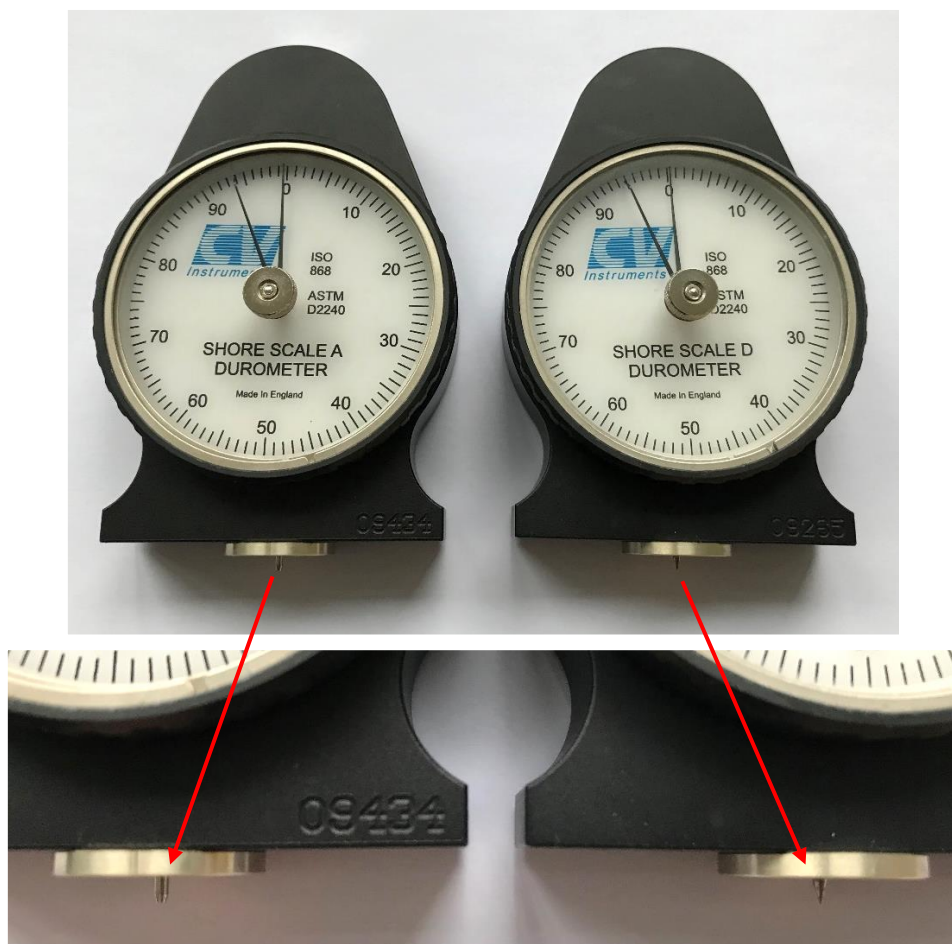
1. Připravte zařízení pro měření tvrdosti na stupnici Shore A. Na stojanu je potřeba mít jen závaží o hmotnosti 1 kg a našroubovaný tvrdoměr Shore A.
2. Na kruhovou podložku umístěte dva na sebe položené vzorky (minimální tloušťka měřeného vzorku dle ČSN EN ISO 868 je 4 mm) prvního testovaného materiálu a zatlačte na páku směrem dolů. Při stlačení páky se dotkne hrot tvrdoměru vzorku a dle tvrdosti se do materiálu vtlačí. Hloubka vtlačeného hrotu je nepřímě úměrná hodnotě tvrdosti. Držte páku v dolní poloze a odečtěte hodnotu ze stupnice. Poté páku uvolněte.
3. Posuňte na sobě umístěné vzorky a měření tvrdosti opakujte v jiném místě. Dle normy ČSN EN ISO 868 by mělo měření tvrdosti probíhat ve vzdálenosti minimálně 9 mm od okraje vzorku. Měření proveďte pro jeden materiál pětkrát.



4. Opakujte postup měření pro zbývající dva materiály.
5. Následně našroubujte na stojan místo tvrdoměru se stupnicí Shore A tvrdoměr se stupnicí Shore D a přidejte závaží o hmotnosti 4 kg.
6. Proved'te pět měření pro všechny tři testované materiály s tvrdoměrem Shore D.
7. Všechny naměřené hodnoty zapište do tabulky a vypočítejte průměrné hodnoty.



Obr. 2: Tvrdoměr se stupnicí Shore D na stojanu se závažím o hmotnosti požadované normou.

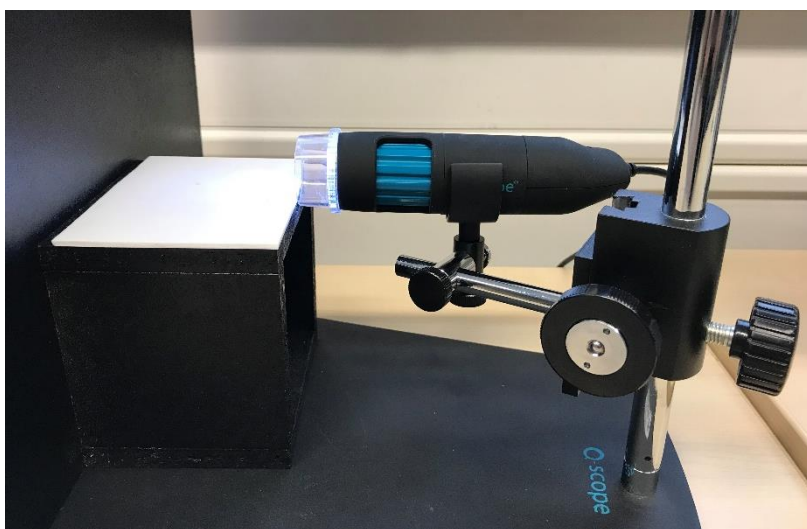


Obr. 3: Samostatné tvrdoměry se stupnicí Shore A (hrot ve tvaru zkoseného kuželu a zkušební zatížení 8,05 N) a Shore D (hrot ve tvaru ostrého kuželu a zkušební zatížení 44,45 N) s detaily hrotů vtlačovaných do testovaných materiálů.



Určování smáčivosti a kontaktního úhlu

1. Zapněte počítač a zkontrolujte, zda funguje osvětlení mikroskopu a zda je mikroskop nastaven dle Obr. 4. V počítači spusťte program Q-focus.



Obr. 4: Správné nastavení mikroskopu pro snímání kapky na povrchu materiálu.

2. Na silikonovou podložku umístěte kapku roztoku s povrchovým napětím 72 mN/m a kapku roztoku s povrchovým napětím 30 mN/m.
3. Zaostríte mikroskop na umístění kapky ideálně v rovině silikonové podložky a kapky vyfotografujete (uložte snímek kliknutím na ikonu fotoaparátu v softwaru Q-focus).
4. V dalším kroku aplikujte pipetou kapku destilované vody nejprve opět na silikonovou podložku a následně na keramickou podložku. Vždy upravte rovinu snímání a zaostření mikroskopu.
5. Následně proveďte vyhodnocení všech získaných snímků ideálně rovněž v softwaru Q-focus. V rámci vyhodnocení snímků proveďte především zjištění kontaktního úhlu.

Nezapomeňte si poznamenat parametry prostředí!

- Teplota (°C):
- Vlhkost (%RH):
- Tlak (mbar nebo kPa):



5 Vztahy nutné k výpočtům

Vztah pro výpočet hustoty materiálu ρ

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \cdot (\rho_1 - \rho_2) + \rho_2 \quad (\text{kg/m}^3) \quad (1)$$

kde m_1 (kg) je hmotnost vzorku materiálu na vzduchu, m_2 (kg) je hmotnost vzorku materiálu v kapalině (např. destilovaná voda nebo ethanol), ρ_1 (kg/m³) je hustota kapaliny a ρ_2 (kg/m³) je hustota vzduchu.

Hustota kapaliny je závislá na teplotě a v případě hustoty vzduchu je možné kromě teplotní závislosti uvažovat i minimální závislost na vlhkosti a tlaku, což lze v tomto případě zanedbat. V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty hustoty destilované vody a suchého vzduchu pro běžný interval laboratorních teplot. Při výpočtu zvolte hustoty při teplotě naměřené v laboratoři a zaokrouhlené na celé stupně. Uvažujte stejnou teplotu vzduchu a vody.

Tab. 1: Hustoty destilované vody a vzduchu v intervalu teplot od 20 °C do 25 °C.

teplota (°C)	$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ (kg/m ³)	ρ_{vzduch} (kg/m ³)
20	998,205	1,2047
21	997,994	1,2006
22	997,772	1,1965
23	997,540	1,1925
24	997,299	1,1885
25	997,047	1,1845